



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
24.03.2010 Bulletin 2010/12

(51) Int Cl.:
B28C 7/02 (2006.01) G01N 33/38 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **09370014.4**

(22) Date de dépôt: **23.09.2009**

(84) Etats contractants désignés:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO SE SI SK SM TR
Etats d'extension désignés:
AL BA RS

• **Laboratoire Central des Ponts et Chaussées**
75732 Paris Cedex 15 (FR)

(72) Inventeurs:

• **Brunquet, Eric**
59810 Lesquin (FR)
• **Cazacliu, Bogdan**
75732 Paris Cedex 15 (FR)

(30) Priorité: **23.09.2008 FR 0805215**

(71) Demandeurs:

• **Couvrot**
Société Anonyme
59810 Lesquin (FR)

(74) Mandataire: **Duthoit, Michel Georges André**
Bureau Duthoit Legros Associés
96/98, Boulevard Carnot
B.P. 105
59027 Lille Cedex (FR)

(54) **Procédé de fabrication d'un béton par malaxage**

(57) L'invention concerne un procédé de fabrication d'un béton par malaxage d'un mélange de produits, à savoir, d'une part, des fines telles que notamment ciment et filler, et des granulats tels que notamment sable et gravier, et d'autre part une quantité nominale de liquide, notamment d'eau et d'adjuvants. Le procédé repose sur le principe du contrôle en temps réel de la consistance du mélange et nécessite la détermination préalable d'une courbe de référence, dite courbe de fluidité. Selon ce document, on suit en temps réel l'évolution de la courbe de consistance représentant la valeur de la consistance

(Mc) du mélange par rapport au temps de malaxage et on détermine le point de fluidité (Pf) défini par l'intersection de la courbe de consistance (Cc) avec la courbe de fluidité (Cf) afin de déterminer la quantité réelle de liquide (Qr) dans la composition de mélange par le calibrage des points de fluidité pour la recette donnée. A l'intersection de la courbe de consistance avec la courbe de fluidité, on obtient l'information béton uniforme qui permet de passer à la phase suivante, par exemple de vidanger le malaxeur.

L'invention concerne également une installation pour la mise en oeuvre du procédé.

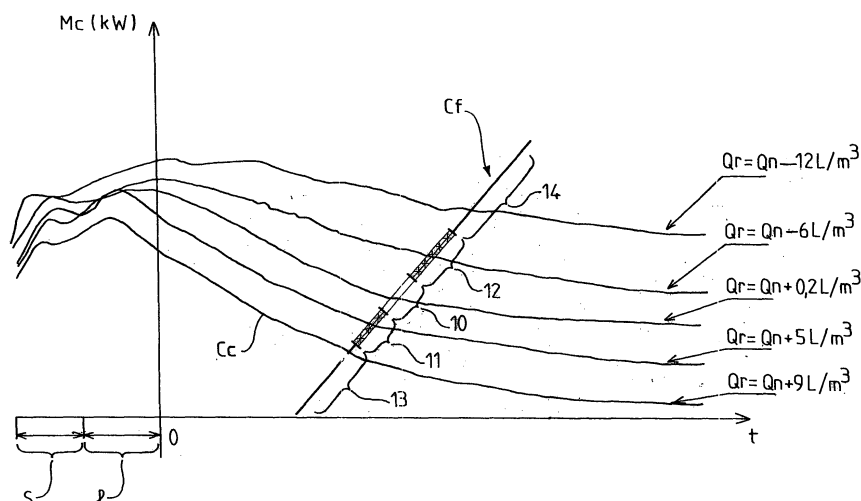


FIG. 3

Description

[0001] L'invention est relative à un procédé de fabrication d'un béton par malaxage d'un mélange de produits, à savoir, d'une part, des fines telles que ciment et filler, et des granulats, tels que notamment sable et graviers, et d'autre part, une quantité nominale de liquide, notamment d'eau et d'adjuvants.

[0002] L'invention concerne également une installation pour la mise en oeuvre du procédé et trouvera une application particulière, mais non limitative pour la fabrication de béton à tolérance serrée pour les propriétés de consistance, béton souvent fortement adjuvanté, utilisé pour les ouvrages d'art, ou pour les bétons autoplaçants qui de par leur fluidité se mettent en place, sans vibration, ni compactage.

[0003] Alors que les bétons traditionnels s'accommodent d'une précision de dosage d'eau de 10 litres d'eau au m³ de béton, ces bétons à tolérance serrée ont besoin d'une précision de dosage supérieure à 5 l/m³.

[0004] En raison de l'humidité inconnue du sable et des graviers dans le mélange et de l'importance qu'elle revêt dans le pourcentage final de liquide dans le mélange, mais aussi en raison d'autres imprécisions lors du dosage, il est aujourd'hui particulièrement difficile d'atteindre cette précision à chaque gâchée. Ainsi, pour ce type de produit fluide, il est connu de rattraper la composition du béton, principalement par expérience, à l'aide d'une ou de deux gâchées suivantes qui seront incorporées avec la gâchée à corriger dans la cuve d'un même camion toupie. Quoiqu'il en soit, avant de procéder à la pose du béton fluide, la rhéologie du mélange est contrôlée par des mesures de consistance sur chantier (affaissement au cône d'Abrams, étalement, maniabilité ...).

[0005] L'invention permettra de contrôler que le béton dans le malaxeur est devenu uniforme. A ce titre, elle concerne tous les bétons courants ou techniques comme le béton à ultra haute performance et autres. L'obtention de l'information béton uniforme est utile pour déclencher la vidange dans un camion toupie ou bien pour faire l'opération suivante comme l'introduction de fibres, ou encore, pour permettre de commencer une phase de malaxage suivante.

[0006] On connaît également du document intitulé « Suivi et contrôle de la fabrication des mélanges, une nouvelle jeunesse pour le wattmètre différentiel », bulletin liaison du Laboratoire Central des Ponts et Chaussées, 1991, Roger Teillet, Serge Bruneaud, Yves Charonnat, le fait de mesurer la puissance consommée par le moteur du malaxeur au cours du malaxage. Ce document résume les avancées et l'état de l'art sur la mesure de la puissance consommée par le malaxeur. En 1928, Purrington et Loring eurent l'idée de mettre en corrélation la puissance appelée par le moteur du malaxeur et la consistance du mélange. Cette consistance du mélange dépendant fortement de la teneur en eau, il est connu de ce document une méthode permettant le contrôle de la

teneur en liquide du mélange grâce à des relevés de courbes de puissance.

[0007] Cela étant, cette méthode n'est pertinente que pour la fabrication d'un béton de même composition. Si la composition du mélange change, il est nécessaire d'acquiescer une nouvelle courbe de référence pour appliquer la méthode. La mise en place de cette méthode est donc particulièrement fastidieuse.

[0008] Cette méthode utilise la stabilisation de la mesure à un palier qui est fonction de la teneur en eau du béton. Cette méthode n'est plus adaptée aux nouveaux bétons car elle bute sur les difficultés suivantes :

- pour les bétons fortement adjuvantés, il n'y a pas de stabilisation évidente,
- pour les bétons très fluides, les variations du signal de mesure en fonction de la teneur en eau sont très faibles.

[0009] On connaît du document FR-2.444.545 un procédé et dispositif de réglage de la quantité d'eau lors de la préparation du béton. Ce procédé repose sur le principe du contrôle en temps réel de la consistance du mélange et nécessite la détermination préalable d'une courbe de référence, en préparant un béton connu, d'une consistance déterminée suivant les errements connus, et en introduisant dans la charge une quantité relativement importante d'eau, réduite cependant d'une valeur correspondant à l'humidité propre maximale des additifs et en ajoutant ensuite des quantités d'eau successives identiques, relativement petites.

[0010] Lors de cette première étape, les diverses valeurs de la consistance du béton, ainsi que les quantités absolues d'eau contenues dans la charge, sont enregistrées à chaque admission d'eau, après stabilisation du signal de consistance, et emmagasinées dans une mémoire. Ces données enregistrées permettent lors d'une nouvelle charge de la bétonnière de préparer un béton de composition identique, par contrôle de la consistance et utilisation d'un signal de consistance stabilisé.

[0011] Le procédé du document FR-2.444.545 souffre de trois inconvénients majeurs.

[0012] Un premier inconvénient du document FR-2.444.545 est l'utilisation d'un signal stabilisé de consistance. Avec les bétons modernes, typiquement les bétons autoplaçants qui se mettent en place sans vibration, ou les bétons très fluides, bétons qui contiennent une large proportion d'adjuvants, appelés superplastifiants ou réducteurs d'eau, il n'y a pas de stabilisation du signal de consistance : en effet, les adjuvants modifient la consistance du mélange, par action lente de défloculation du ciment, sur une période de temps largement supérieure au temps passé dans le malaxeur.

[0013] Avec ce type de béton, une valeur de consistance d'une gâchée ne peut être comparée à une autre valeur d'une autre gâchée seulement si le temps de malaxage est identique. Le procédé du document FR-2.444.545 est donc inapproprié pour de tels bétons ad-

juvantés.

[0014] Un deuxième inconvénient de ce procédé est que la variation du signal stabilisé de la consistance devient très faible lorsque la teneur en eau dans le mélange est élevée, et donc que la consistance du mélange est très fluide. La précision de cette mesure devient alors insuffisante, problème qui s'ajoute à celui de la non stabilisation du signal précédemment développé.

[0015] Ces deux problèmes limitent l'emploi des procédés existants et notamment celui du document FR-2.444.545, aux bétons qui ne sont pas trop fluides et qui n'utilisent pas d'adjuvants faisant évoluer la consistance du mélange du béton après le temps de malaxage.

[0016] Cependant, pour les bétons qui entrent dans le domaine d'utilisation des procédés existants, tels que celui du document FR-2.444.545, et dont le principe est basé sur l'emploi d'un signal dont on attend une stabilisation, un troisième inconvénient inhérent à ces procédés est la perte de temps de cycle et donc de productivité. En effet, quand le signal est stabilisé, cela signifie que le mélange n'évolue plus et qu'il peut être déchargé si la valeur de consistance est bonne. Si la consistance est à corriger, cela peut être fait dans la même gâchée avec un temps supplémentaire ou dans la gâchée suivante si celle-ci est déversée dans le même camion toupie. Cependant, pour constater une stabilisation, il faut attendre plusieurs secondes, par exemple cinq secondes, pour constater que le signal n'évolue plus. Ce temps d'attente est à comparer à un temps de malaxage utilisé actuellement de 35 secondes pour la production de bétons non adjuvantés soumise à la norme NF ou d'autres normes équivalentes dans les autres pays européens.

[0017] Le but de la présente invention est de proposer un procédé de fabrication de béton permettant de pallier aux inconvénients précités, assurant, d'une part, la fabrication d'un béton de qualité, tout en respectant le temps de malaxage et le dosage des liquides dans le mélange.

[0018] Plus particulièrement, le but de la présente invention vise à permettre un dosage précis des composants liquides dans un temps de malaxage court.

[0019] Un autre but de l'invention est de proposer un tel procédé assurant un gain de productivité par la connaissance du moment où le béton est uniforme dans le malaxeur, permettant notamment de réduire au strict nécessaire le temps de malaxage lors de la fabrication de béton.

[0020] Un autre but de l'invention est de proposer un procédé de fabrication de béton permettant de corriger une erreur de dosage, notamment par compensation dans le dosage d'une gâchée suivante.

[0021] Un autre but de l'invention est de proposer un procédé de fabrication, permettant, d'identifier une erreur sévère de dosage, et/ou de corriger la teneur en eau au cours du cycle de malaxage.

[0022] Un autre but de l'invention est de proposer un procédé pour la fabrication de béton, plus particulièrement de béton fortement adjuvanté à tolérance de con-

sistance serrée, comme par exemple du béton autoplaçant, ou pour des ouvrages d'art.

[0023] Un autre but de la présente invention est de proposer une installation pour la mise en oeuvre du procédé.

[0024] D'autres buts et avantages de l'invention apparaîtront au cours de la description qui va suivre, qui n'est donnée qu'à titre indicatif et qui n'a pas pour but de la limiter.

[0025] L'invention concerne tout d'abord un procédé de fabrication d'un béton par malaxage d'un mélange de produits, à savoir, d'une part, des fines telles que notamment ciment et filler, et des granulats tels que notamment sable et graviers, et, d'autre part, une quantité nominale de liquide, notamment d'eau et d'adjuvants, dans un malaxeur.

[0026] Selon l'invention, le procédé repose sur le principe du contrôle en temps réel de la consistance du mélange pendant le malaxage des produits, ledit procédé nécessitant la détermination préalable d'une courbe de référence, dite courbe de fluidité, dépendante et spécifique, d'une part, audit malaxeur, mais aussi, d'autre part, à un ordre d'introduction des produits dans le malaxeur, ainsi qu'à une quantité totale de produits chargés, indépendante toutefois, dans des tolérances, de la composition dudit mélange et du temps entre deux introductions de produit, ladite courbe de fluidité délimitant deux phases consécutives du mélange au cours du malaxage dans l'espace géométrique représentatif de la consistance du mélange par rapport au temps de malaxage, à savoir une première phase, dite cohésive, dans laquelle le mélange est cohésif en raison de l'importance des forces capillaires, et une deuxième phase, dite suspension granulaire (que nous appelons également béton uniforme), dans laquelle les forces capillaires ont brusquement disparu, procédé de fabrication dans lequel :

- on charge le malaxeur d'une quantité de produits similaire à celle ayant permis la détermination de la courbe de fluidité, de composition équivalente ou non, selon un ordre d'introduction des produits dans le malaxeur similaire à celui ayant permis la détermination de ladite courbe de fluidité,
- on malaxe lesdits produits en mesurant la consistance du mélange, et on suit en temps réel l'évolution de la courbe de consistance, représentant la valeur de la consistance du mélange par rapport au temps de malaxage,
- on détermine, directement et/ou par anticipation, le point de fluidité, défini par l'intersection de la courbe de consistance avec la courbe de fluidité et, le cas échéant, on en déduit l'information béton uniforme dès le passage du point de fluidité,
- on obtient l'écart entre la quantité réelle de liquide dans le mélange et la quantité nominale de liquide, après un calibrage de la recette de béton correspondante, à partir de l'information béton uniforme au passage du point de fluidité et/ou à partir d'une es-

timisation du passage du point de fluidité et éventuellement, on prend une mesure corrective sur la fabrication du béton.

[0027] L'invention concernera également une installation pour la mise en oeuvre du procédé, présentant une centrale comprenant un malaxeur, des moyens pour alimenter le malaxeur avec des fines et des granulats, des moyens pour alimenter le malaxeur avec du liquide, et des moyens pour mesurer une valeur représentative de la consistance du mélange, émettant au moins un signal de mesure, ladite centrale étant équipée d'un automatisme de commande.

[0028] Selon l'invention, l'installation comprend, en outre, des moyens logiques et de traitement comprenant notamment un ordinateur ou similaire, une interface d'entrée pour ledit au moins un signal de mesure, en temps réel, une interface d'entrée et de sortie de données en communication avec l'automatisme de commande de la centrale, lesdits moyens logiques et de traitement étant programmés pour assurer, d'une part, le calcul en temps réel de la courbe de consistance et notamment son affichage sur un écran de visualisation, et d'autre part, le calcul du point de fluidité, intersection de la courbe de consistance avec la courbe de fluidité.

[0029] L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description suivante accompagnée des dessins en annexe parmi lesquels :

- la figure 1 représente un relevé de la puissance appelée par le malaxeur lors d'un cycle de production d'un béton à très faible rapport eau/fines ; ce type de béton est caractérisé par un temps de mélange long et permet de mieux visualiser les différentes phases de malaxage,
- la figure 2 illustre plusieurs relevés de puissance de béton introduits dans le malaxeur selon un même ordre, de même quantité totale de produits chargés, et dont la composition est différente, notamment pour la détermination de la courbe de fluidité,
- la figure 3 illustre plusieurs relevés de puissance introduits dans le malaxeur dans un même ordre, de même quantité totale de produit chargé, avec les mêmes proportions des constituants autres que l'eau, dans des tolérances de production illustrant les écarts entre la quantité réelle d'eau associée à chaque courbe et la quantité nominale d'eau visée,
- les figures 4, 5 et 6, illustrent respectivement, à trois instants, notamment un $t_m = 0$ (fin de l'introduction de l'eau), avant le point de fluidité, et au point de fluidité le relevé de puissance en temps réel lors de la mise en oeuvre du procédé conforme à l'invention, plus particulièrement d'un mélange dont la quantité réelle de liquide est satisfaisante par rapport à la quantité nominale de liquide visée,
- les figures 7, 8 et 9 illustrent respectivement le relevé de puissance à trois instants consécutifs, respectivement à $t_m = 0$, avant le point de fluidité, et au point

de fluidité, d'un mélange dont la quantité réelle de liquide s'avère supérieure à la quantité nominale visée,

- les figures 10, 11 et 12 illustrent le relevé des puissances, respectivement à trois instants consécutifs, à $t_m = 0$, avant le point de fluidité, et au point de fluidité, d'un mélange dont la quantité réelle de liquide s'avère inférieure à la quantité nominale de liquide visé.

[0030] Un relevé de puissance, fonction du temps de malaxage, est illustré à la figure 1. La section de temps repérée 1 est la phase de chargement (d'introduction des produits dans le malaxeur), la section de temps repérée 2, la phase de malaxage proprement dite. On observe que la courbe passe par un pic puis diminue régulièrement au cours du temps. Lors de ce cycle de malaxage de l'ordre de 10 minutes, les particules du mélange passent par plusieurs états, repérés 3 à 7 :

- l'état 3, à environ 30 secondes de malaxage, est non cohésif, il correspond à un état où les gouttelettes d'eau sont recouvertes des matières sèches,
- l'état 4, à environ 1 min 30 secondes de malaxage, est cohésif, il correspond à un état où de l'eau sort des granules et forme des ponts de capillarité avec les granules voisins,
- l'état 5, à environ 2 min 30 secondes de malaxage, est hautement cohésif ; il est caractérisé par l'augmentation des ponts et donc des forces de capillarité. La surface du mélange est très irrégulière,
- l'état 6, dit suspension granulaire, après 5 minutes de malaxage environ, correspond à un état où l'eau vient en excès des granules, la pâte devient alors brusquement un fluide ; ce fluide reste toutefois chargé d'une quantité importante d'agrégats de particules fines mouillées à l'extérieur, mais restant sec à l'intérieur, la poursuite de malaxage permet de casser ses agrégats et,
- l'état 7, à partir de 8 minutes de malaxage environ, la pâte présente une apparence crémeuse.

[0031] On appellera point de fluidité P_f le point de la courbe de consistance correspondant à la brusque transition entre l'état 5, hautement cohésif et l'état 6 du mélange, dit suspension granulaire.

[0032] Le point de fluidité au moment de la brusque transition peut, de manière générale, être détectée par différentes méthodes, et par exemple :

- détection d'un point angulaire sur la courbe de consistance (par exemple, par l'exploitation de la dérivée de cette courbe),
- diminution brusque des fluctuations rapides (bruits) du signal de la mesure de consistance.

[0033] Aussi, l'invention concerne un procédé de fabrication d'un béton par malaxage de produits, à savoir

d'une part, des fines telles que notamment ciment et fillers, et des granulats tels que notamment sable et graviers et, d'autre part, une quantité nominale de liquide Qn, notamment d'eau et d'adjuvants, dans un malaxeur.

[0034] Selon l'invention, le procédé repose sur le principe de contrôle en temps réel de la consistance du mélange pendant le malaxage des produits. Cette mesure de consistance Mc peut être une mesure de la puissance de malaxage, telle qu'illustrée sur les courbes et principalement développée par la suite, ou encore une mesure d'un effort ou d'un couple sur un organe de malaxage du malaxeur, la mesure d'un effort de traînée d'une sphère plongée dans le mélange, telle que par exemple acquise avec la sonde VISCOPROBE® ou encore toute mesure directe ou indirecte de la consistance. La consistance peut être mesurée aussi de manière moins directe par des capteurs d'humidité, de rugosité de surface libre, de vibrations ...

[0035] Le procédé nécessite la détermination préalable d'une courbe de référence, dite courbe de fluidité Cf, qui réunit les points de fluidité Pf pour un même malaxeur, une même quantité totale de produits chargés et un même ordre d'introduction de ces produits. Cette courbe Cf délimite deux phases consécutives du mélange au cours du malaxage dans l'espace géométrique représentatif de la consistance du mélange par rapport au temps de malaxage, à savoir une première phase repérée 8, dite cohésive, dans laquelle le mélange est cohésif en raison de l'importance des forces capillaires, et une deuxième phase 9, dite suspension granulaire dans laquelle les forces capillaires ont brusquement disparu.

[0036] Les inventeurs ont notamment remarqué que cette courbe de fluidité, bien que dépendante et spécifique, d'une part, audit malaxeur, mais aussi d'autre part, à un ordre d'introduction des produits dans le malaxeur ainsi qu'à une quantité totale de produits chargés était dépendante aussi de la rhéologie du mélange mais indépendante de la composition qui produit cette rhéologie.

[0037] L'invention est née de la volonté des inventeurs d'utiliser cette spécificité de la courbe pour établir une nouvelle stratégie de mesure in situ de la rhéologie du mélange, donc, en général de mesurer in situ la quantité d'eau dans le mélange. Tous les développements présentés autour de la mesure et de la correction de la quantité d'eau peuvent être appliqués pour la mesure et la correction de la consistance des bétons.

[0038] Cette courbe de référence peut être acquise en produisant plusieurs gâchées de béton de même volume, selon le même ordre d'introduction des produits dans le malaxeur, avec des compositions différentes (suite à des recettes différentes ou des variations de teneur en eau des granulats) et de repérer pour chaque courbe le point de fluidité Pf. Ensuite, il suffit de superposer les courbes d'évolution de la mesure de consistance, telles qu'illustrées à la figure 2 pour avoir une première idée de la matérialité de la courbe de fluidité Cf. La courbe de fluidité peut être modélisée, par exemple, par une simple droite ou encore par un autre modèle mathématique, polyno-

mial ou autres à partir des données acquises (points Pf). Ensuite, pour une recette de béton donnée, il suffit de faire correspondre des points de fluidité à des teneurs d'eau différentes ou des consistances différentes pour calibrer les mesures de ladite recette de béton donnée.

[0039] Le procédé de fabrication de béton, conforme à l'invention, répond aux étapes suivantes :

- on charge le malaxeur d'une quantité de produits similaire à celle ayant permis la détermination de la courbe de fluidité Cf, de composition équivalente ou non, selon un ordre d'introduction des produits dans le malaxeur similaire à celle ayant permis la détermination de ladite courbe de fluidité Cf,
- on malaxe lesdits produits en mesurant la consistance Mc du mélange, et on suit en temps réel l'évolution de la courbe de consistance Cc, représentant la valeur de la consistance Mc du mélange par rapport au temps de malaxage tm,
- on détermine, directement et/ou par anticipation, le point de fluidité Pf, défini par l'intersection de la courbe de consistance Cc avec la courbe de fluidité Cf et, le cas échéant, on en déduit l'information béton uniforme dès le passage du point de fluidité,
- on obtient l'écart Δ_l entre la quantité réelle de liquide Qr dans le mélange et la quantité nominale de liquide Qn, après calibrage de la recette de béton correspondante à partir de l'information béton uniforme au passage du point de fluidité Pf et/ou à partir d'une estimation du passage du produit de fluidité et, le cas échéant, on prend une mesure corrective sur la fabrication du béton.

[0040] D'une manière générale, l'écart Δ_l entre la quantité réelle de liquide Qr et la quantité nominale de liquide Qn peut être estimé avant le passage du point de fluidité, permettant notamment d'anticiper une éventuelle mesure corrective sur la fabrication du béton de la gâchée en cours, telle que par exemple la modification du temps de malaxage par rapport à un temps nominal, ou encore, l'ajout de liquide dans la gâchée en cours.

[0041] Au passage du point de fluidité, l'écart Δ_l peut être déterminé avec plus de précision, permettant éventuellement de quantifier avec plus de certitude une mesure corrective sur la ou les gâchées suivantes.

[0042] La figure 3 illustre plusieurs courbes de consistance relevées lors de la mise en oeuvre du procédé. Les courbes permettent chacune de déterminer l'écart Δ_l entre la quantité réelle de liquide Qr dans le béton et la quantité nominale visée Qn. Cette quantité réelle est obtenue par la détermination du point de fluidité Pf, intersection entre la courbe de consistance Cc et la courbe de fluidité Cf, auquel on fait correspondre la quantité réelle du liquide.

[0043] Selon cet exemple de la figure 3, on introduit simultanément les matières solides S, à savoir notamment les fines et les granulats, puis on introduit les liquides L. L'origine des temps de malaxage correspond ici,

selon un exemple non limitatif, à la fin de l'introduction du liquide dans le malaxeur. En fonction de la teneur de liquide dans le mélange, la courbe de consistance inter-sectionne la courbe de fluidité en une position donnée. Pour une recette donnée, les points Pf de la courbe de fluidité sont corrélés avec la quantité de liquide dans le mélange, il est possible de connaître, notamment par extrapolation, la quantité réelle de liquide dans le mélange lors de la phase de fabrication du béton.

[0044] Il est notamment possible de définir pour une recette donnée plusieurs zones d'intersection le long de la courbe de fluidité, à savoir, telles qu'illustrées à la figure 3, une zone d'intersection repérée 10 pour laquelle on considère que la quantité réelle de liquide dans le mélange correspond, selon une tolérance, à la quantité nominale de liquide visée, une zone d'intersection repérée 11 pour laquelle on considère que la quantité réelle de liquide dans le mélange est en excès, mais peut toutefois être corrigée par les gâchées suivantes qui seront homogénéisées dans le camion toupie, et une section d'intersection repérée 12 pour laquelle on considère que la quantité réelle de liquide dans le mélange est insuffisante mais peut être corrigée.

[0045] La section repérée 13, correspond à une erreur sévère de dosage de l'eau en excès, et peut être considérée comme non corrigible. La gâchée correspondante devra recevoir un traitement spécifique. La section d'intersection 14 de la courbe de fluidité correspond à une erreur sévère de dosage par manque d'eau mais peut être corrigée par l'ajout de liquide, notamment d'eau, au cours du malaxage. Les écarts d'eau donnés à la figure 3 sont indicatifs et ne limitent pas l'invention quant à la détermination des différentes sections d'utilisation de la courbe de fluidité.

[0046] Les figures 4 à 6 illustrent, selon un exemple, un cycle de production d'un béton et notamment, la mesure in situ de la consistance d'un mélange dont la quantité réelle d'eau correspond, dans les tolérances, à la quantité nominale visée.

[0047] Plus particulièrement, la figure 4 est un relevé de la courbe de consistance au temps de malaxage $t_m = 0$ correspondant à la fin de l'introduction du liquide. On remarque que, précédemment, tel qu'illustré, il est possible, au cours de la phase d'introduction du liquide dans le mélange, de malaxer les produits et de mesurer la consistance du mélange. Le premier pic Pc, au moins local, permet notamment de déduire l'usure des pales du malaxeur.

[0048] La figure 5 est un relevé de la courbe de consistance correspondant à un temps de malaxage t_m intermédiaire, entre $t_m = 0$ et le temps correspondant au point de fluidité. Ce temps de malaxage est toutefois suffisamment proche du temps du point de fluidité Pf pour déterminer, par anticipation, notamment par extrapolation, le point de fluidité Pf. Notamment, telle qu'illustrée à la figure 5, une zone hachurée 15, dite de tolérance, permet de prévoir la quantité réelle de liquide Qr dans le mélange, qui correspond, selon des tolérances, à la

quantité nominale d'eau visée Qn.

[0049] La figure 6 représente la courbe de consistance à l'instant t_m correspondant au point de fluidité Pf. Le point de fluidité peut être déterminé avec certitude. L'écart entre la quantité réelle et la quantité nominale de liquide peut être calculé, afin de confirmer l'écart anticipé. Dans le cas illustré à la figure 5, l'écart Δl est de $1,5 \text{ l/m}^3$, notamment en dessous d'une tolérance fixée à plus ou moins $2,5 \text{ l/m}^3$. La quantité réelle de liquide est donc conforme à la quantité nominale visée.

[0050] Selon l'exemple illustré du cycle de production des figures 4 à 6, ce point de fluidité Pf peut être considéré comme béton uniforme et exploité comme une fin de malaxage. Le malaxage peut donc être arrêté, notamment manuellement ou automatiquement, pour passer à la fabrication d'une gâchée suivante. On minimise ainsi au strict minimum le temps de malaxage assurant ainsi une productivité optimale lors de la fabrication du béton. Afin de s'assurer que le béton est bien dans l'état uniforme correspondant à une suspension granulaire, une marge de quelques secondes, par exemple de 4 secondes, peut être prise afin de provoquer l'arrêt du malaxage. Aucune mesure corrective n'est prise quant à la fabrication du béton.

[0051] Les figures 7 à 9 illustrent un autre cycle de production du béton et correspondent à l'évolution d'une courbe de consistance pour un mélange dont la quantité réelle de liquide est en excès. Plus particulièrement, la figure 7 illustre la courbe à l'instant $t_m = 0$ correspondant à la fin de l'introduction des liquides.

[0052] La figure 8 correspond à un instant intermédiaire entre l'instant $t_m = 0$ et le temps du point de fluidité. On remarque que la courbe de fluidité se situe en dessous de la zone 15 de tolérance. Par anticipation, il est possible de déduire un écart d'environ 7 l/m^3 . La quantité réelle de liquide est donc en excès par rapport à la quantité nominale visée. En fonction de la mesure de consistance Mc, notamment si cette dernière est inférieure à une valeur de seuil inférieure, le procédé peut comprendre une mesure corrective où l'on réduit le temps de malaxage, inférieur à un temps de malaxage nominal.

[0053] La figure 9 illustre la courbe de consistance à un instant de malaxage correspondant au point de fluidité Pf. L'écart peut être déterminé avec plus de précision par le calcul direct de l'intersection entre la courbe de fluidité Cf et la courbe de consistance Cc. Selon l'exemple, cet écart est de $6,8 \text{ l/m}^3$, en excès. Les mesures correctives du procédé peuvent être d'arrêter le malaxage dès le passage du point de fluidité Pf et de soustraire au moins une partie du volume en excès dans le mélange de la gâchée suivante (cycle de production suivant).

[0054] Selon l'exemple illustré, on retirera 4 litres / m^3 de liquide dans la composition de la gâchée suivante. Il n'est pas possible, selon cet exemple, de soustraire la totalité de l'écart en liquide sur la gâchée suivante, sans poser le risque d'une gâchée susceptible d'être sévèrement déséquilibrée en liquide.

[0055] Les figures 10 à 12 représentent un autre cycle

de production de béton et notamment l'évolution de la courbe de consistance pour un mélange dont la quantité réelle de liquide Q_r est inférieure à la quantité nominale Q_n visée.

[0056] Plus particulièrement, la figure 10 illustre la courbe de consistance à l'instant $t_m=0$, correspondant à la fin de l'introduction des liquides dans le malaxeur.

[0057] La figure 11 illustre la courbe de consistance à un instant t_m de malaxage intermédiaire entre $t_m=0$ et le temps du point de fluidité P_f . On remarque, qu'à cet instant, la courbe est au dessus de la zone de tolérance 15, traduisant un manque de liquide dans le mélange. Un écart en liquide de 7 l/m^3 est calculé par approximation.

[0058] La figure 12 illustre la courbe de consistance à l'instant t_m correspondant au point de fluidité P_f . Il est possible de déterminer par calcul l'écart en eau entre la quantité réelle et la quantité nominale de liquide, qui, selon l'exemple est de 71 l/m^3 .

[0059] Selon cet exemple, on prend deux mesures correctives sur la fabrication du béton :

- Tout d'abord, on prolonge le temps de malaxage du béton afin de lui conférer une fluidité suffisante pour permettre le passage de la coulée, notamment dans la goulotte d'un camion toupie. La durée supplémentaire de malaxage, afin d'abaisser la consistance du mélange à une valeur limite acceptable, peut être déterminée en modélisant, après le point de fluidité P_f , ladite courbe de consistance par une courbe asymptotique.
- D'autre part, on ajoute au moins une partie du volume en manque dans le mélange de la gâchée suivante. Selon cet exemple, on rajoute 5 l/m^3 .

[0060] Il est à noter que dans le cas d'un écart sévère dû à un manque d'eau, il reste possible d'ajouter une partie du volume en manque dans la gâchée en cours et ainsi de corriger le mélange.

[0061] Les exemples de mise en oeuvre du procédé des figures 4 à 12 illustrent des exemples de mesures correctives prises sur la fabrication du béton. Toutefois, les mesures correctives ne sont pas limitées à ces exemples.

[0062] Plus généralement, la mesure corrective est une modification du temps de malaxage, ou encore une modification de la quantité de liquide dans le mélange de la gâchée en cours, ou encore, une modification de la quantité de liquide à prévoir dans le mélange de la ou les gâchée(s) suivante(s).

[0063] Notamment, dans le cas d'une quantité réelle de liquide Q_r , supérieure à la quantité nominale de liquide Q_n pour le mélange, au dessus d'une tolérance donnée, on réduit le temps de malaxage et on stoppe le malaxage au passage du point de fluidité avant le temps de malaxage généralement nécessaire pour la recette nominale, et/ou on soustrait au moins une partie du volume en excès dans le mélange de la ou des gâchées suivantes.

[0064] Dans le cas d'une quantité réelle de liquide Q_r insuffisante, c'est-à-dire inférieure à la quantité nominale de liquide Q_n pour le mélange, au dessus d'une tolérance donnée, on prolonge le temps de malaxage si nécessaire jusqu'à l'obtention du point de fluidité et/ou ajoute au moins une partie du volume en manque dans le mélange de la gâchée en cours ou de la ou les gâchées suivantes.

[0065] Plus particulièrement, selon un mode de réalisation, on prolonge le malaxage d'une durée supplémentaire afin d'abaisser la consistance du mélange à une valeur limite acceptable et on détermine la durée supplémentaire de malaxage en modélisant, après le point de fluidité P_f , ladite courbe de consistance par une hyperbole asymptotique.

[0066] Le procédé trouvera une application particulière pour la fabrication d'un béton autoplaçant.

[0067] D'une manière générale, le contrôle en ligne du procédé selon l'invention permettra :

- d'évaluer l'humidité des granulats et d'étalonner les sondes de mesure dans les trémies afin d'améliorer la régularité de dosage et de réduire le travail de contrôle et d'étalonnage de ces capteurs,
- de doser l'eau dans la gâchée en cours ou de faire une correction dans les gâchées suivantes de la même toupie,
- de prévoir pour les bétons fortement adjuvantés comme par exemple les bétons pour les ouvrages d'art et les bétons autoplaçants, la mesure de consistance réduisant les contrôles a posteriori,
- d'ajuster le temps de malaxage, c'est-à-dire de l'augmenter ou de le réduire par rapport à une valeur nominale avant d'ouvrir la trappe de vidange quand les caractéristiques du béton sont stabilisées permettant, d'une manière globale, d'épargner du temps, d'augmenter le gain de productivité, mais aussi gain de qualité,
- d'éviter de produire un béton non conforme que l'on devra détruire.

[0068] D'autres informations concernant la maintenance peuvent être obtenues telles que l'usure des pales du malaxeur ou encore le taux du travail effectif du malaxeur.

[0069] L'invention concerne également une installation pour la mise en oeuvre du procédé, présentant une centrale à béton. La centrale comprend un malaxeur, des moyens pour alimenter le malaxeur avec des fines et des granulats, des moyens pour alimenter le malaxeur avec du liquide, et des moyens pour mesurer une valeur représentative de la consistance du mélange, émettant au moins un signal de mesure, ladite centrale étant équipée d'un automatisme de commande.

[0070] Selon l'invention, l'installation comprend, en outre, des moyens logiques et de traitement comprenant notamment un ordinateur ou similaire, une interface d'entrée pour ledit au moins signal de mesure, en temps réel, une interface d'entrée et de sortie de données en com-

munication avec l'automatisme de commande de la centrale, lesdits moyens logiques et de traitement étant programmés pour assurer, d'une part, le calcul en temps réel de la consistance C_c et notamment son affichage sur un écran de visualisation, et d'autre part, le calcul du point de fluidité P_f , l'intersection de la courbe de consistance C_c avec la courbe de fluidité C_f .

[0071] Les données de la courbe de fluidité peuvent être enregistrées dans la mémoire de l'ordinateur, stockées en correspondance par rapport à un malaxeur, une quantité totale de produits chargés, ainsi que par rapport à un ordre d'introduction des produits dans le malaxeur pour une recette donnée. A chaque point de la courbe C_f correspond une quantité réelle de liquide dans le mélange de fluidité qui peut être déterminée au moins par anticipation notamment par extrapolation lors du suivi de la courbe de consistance C_c .

[0072] L'ordinateur peut permettre, en outre, le calcul de l'écart entre la quantité réelle de liquide dans le mélange et la quantité nominale visée.

[0073] Un tableau de correspondance stockée dans la mémoire peut permettre de faire correspondre, pour une recette de béton donnée, à un point de fluidité P_f la quantité réelle de liquide ou encore un écart entre la quantité réelle de liquide et la quantité nominale visée.

[0074] Il est à noter que l'étape d'arrêt du malaxeur dès le passage du point de fluidité et/ou l'étape de prise d'une mesure corrective sur la fabrication du béton, notamment la modification du temps de malaxage ou encore la modification de la quantité de liquide dans le mélange, peut être prise par l'opérateur, à l'aide d'éléments de contrôle que constituent l'écran de visualisation, l'affichage de la courbe de consistance et l'écart de liquide.

[0075] Selon un mode de réalisation, plus abouti, l'arrêt du malaxage et/ou encore la prise d'une mesure corrective sur la fabrication du béton peuvent être réalisés automatiquement par un asservissement du malaxeur et/ou des moyens pour alimenter le malaxeur avec du liquide avec les moyens logiques et de traitement.

[0076] Naturellement, d'autres modes de mise en oeuvre auraient pu être envisagés sans pour autant sortir du cadre de l'invention définie par les revendications ci-après.

Revendications

1. Procédé de fabrication d'un béton par malaxage d'un mélange de produits, à savoir, d'une part, des fines telles que notamment ciment et filler, et des granulats tels que notamment sable et graviers et, d'autre part, d'une quantité nominale de liquide (Q_n), notamment d'eau et d'adjuvants, dans un malaxeur, **caractérisé en ce que** ledit procédé repose sur le principe du contrôle en temps réel de la consistance du mélange pendant le malaxage des produits, ledit procédé nécessitant la détermination préalable d'une courbe de référence, dite courbe de fluidité

(C_f), dépendante et spécifique, d'une part, audit malaxeur, mais aussi, d'autre part, à un ordre d'introduction des produits dans le malaxeur, ainsi qu'à une quantité totale de produits chargés, indépendante toutefois, dans des tolérances, de la composition dudit mélange, ladite courbe de fluidité (C_f) délimitant deux phases consécutives du mélange au cours du malaxage dans l'espace géométrique représentatif de la consistance du mélange par rapport au temps de malaxage, à savoir une première phase, dite cohésive, dans laquelle le mélange est cohésif en raison de l'importance des forces capillaires, et une deuxième phase, dite suspension granulaire dénommée également béton uniforme, dans laquelle les forces capillaires ont brusquement disparu, procédé de fabrication dans lequel:

- on charge le malaxeur d'une quantité de produits similaire à celle ayant permis la détermination de la courbe de fluidité (C_f), de composition équivalente ou non, selon un ordre d'introduction des produits dans le malaxeur similaire à celle ayant permis la détermination de ladite courbe de fluidité (C_f),

- on malaxe lesdites produits en mesurant la consistance (M_c) du mélange, et on suit en temps réel l'évolution de la courbe de consistance (C_c), représentant la valeur de la consistance (M_c) du mélange par rapport au temps de malaxage,

- on détermine, directement et/ou par anticipation, le point de fluidité (P_f), défini par l'intersection de la courbe de consistance (C_c) avec la courbe de fluidité (C_f) et, le cas échéant, on en déduit l'information béton uniforme dès le passage du point de fluidité,

- on obtient l'écart (Δ_l) entre la quantité réelle de liquide (Q_r) dans le mélange et la quantité nominale de liquide (Q_n), après un calibrage de la recette de béton correspondante à partir de l'information béton uniforme et/ou à partir d'une estimation du passage du point de fluidité (P_f) et, éventuellement, on prend une mesure corrective sur la fabrication du béton.

2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel on introduit simultanément les fines et les granulats puis on introduit le liquide.

3. Procédé selon la revendication 2, dans lequel au cours de l'introduction du liquide dans le mélange, on malaxe les produits et on mesure la consistance du mélange au niveau d'un premier pic, au moins local, et on en déduit l'usure des pales du malaxeur.

4. Procédé selon l'une des revendication 1 à 3, dans lequel la mesure corrective est une modification du temps de malaxage, ou encore, une modification de

la quantité de liquide dans le mélange de la gâchée en cours, ou encore, une modification de la quantité de liquide à prévoir dans le mélange de la ou les gâchées suivante(s).

5. Procédé selon la revendication 4, dans lequel, dans le cas d'une quantité réelle de liquide (Q_r) en excès, supérieure à la quantité nominale de liquide (Q_n) pour le mélange, au dessus d'une tolérance donnée, on réduit le temps de malaxage et on stoppe le malaxage au passage du point de fluidité (P_f) et/ou on soustrait au moins une partie du volume en excès dans le mélange de la ou des gâchées suivantes. 5
6. Procédé selon l'une des revendications 4 ou 5, dans lequel dans le cas d'une quantité réelle de liquide (Q_r) insuffisante, c'est à dire inférieure à la quantité nominale de liquide (Q_n) pour le mélange, au dessus d'une tolérance donnée, on prolonge le temps de malaxage si nécessaire jusqu'à l'obtention du point de fluidité et/ou on ajoute au moins une partie du volume en manque dans le mélange de la gâchée en cours ou de la ou des gâchées suivantes. 10 20
7. Procédé selon la revendication 6, dans lequel, dans le cas d'une quantité de liquide réel insuffisante, on prolonge le malaxage d'une durée supplémentaire afin d'abaisser la consistance du mélange à une valeur limite acceptable et on détermine la durée supplémentaire de malaxage en modélisant, après le point de fluidité (P_f), ladite courbe de consistance par une courbe asymptotique. 25 30
8. Procédé selon l'une des revendications 1 à 7, dans lequel la mesure de consistance (M_c) est une mesure de la puissance de malaxage, ou encore, une mesure d'un effort ou d'un couple sur un organe de malaxage du malaxeur, la mesure d'un effort de traînée d'une sphère plongée dans le mélange. 35 40
9. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes 1 à 8 trouvant une application particulière pour la fabrication d'un béton à propriété d'usage serré, à consistance contrôlée, pour l'obtention d'une précision de dosage en eau de l'ordre de ± 5 l/m³. 45
10. Installation pour la mise en oeuvre du procédé selon l'une des revendications 1 à 9, présentant une centrale comprenant : 50
 - un malaxeur,
 - des moyens pour alimenter le malaxeur avec des fines et des granulats,
 - des moyens pour alimenter le malaxeur avec du liquide, 55
 - des moyens pour mesurer une valeur représentative de la consistance du mélange, émet-

tant au moins un signal de mesure (S_m), ladite centrale étant équipée d'un automatisme de commande,

caractérisé en ce qu'elle comprend, en outre, des moyens logiques et de traitements comprenant notamment un ordinateur, une interface d'entrée pour ledit au moins un signal de mesure (S_m), en temps réel, une interface d'entrée et de sortie de données en communication avec l'automatisme de commande de la centrale à béton, lesdits moyens logiques et de traitement étant programmés pour assurer, d'une part, le calcul en temps réel de la courbe de consistance (C_c) et notamment son affichage sur un écran de visualisation, et d'autre part, le calcul du point de fluidité (P_f), intersection de la courbe de consistance (C_c) avec la courbe de fluidité (C_f).

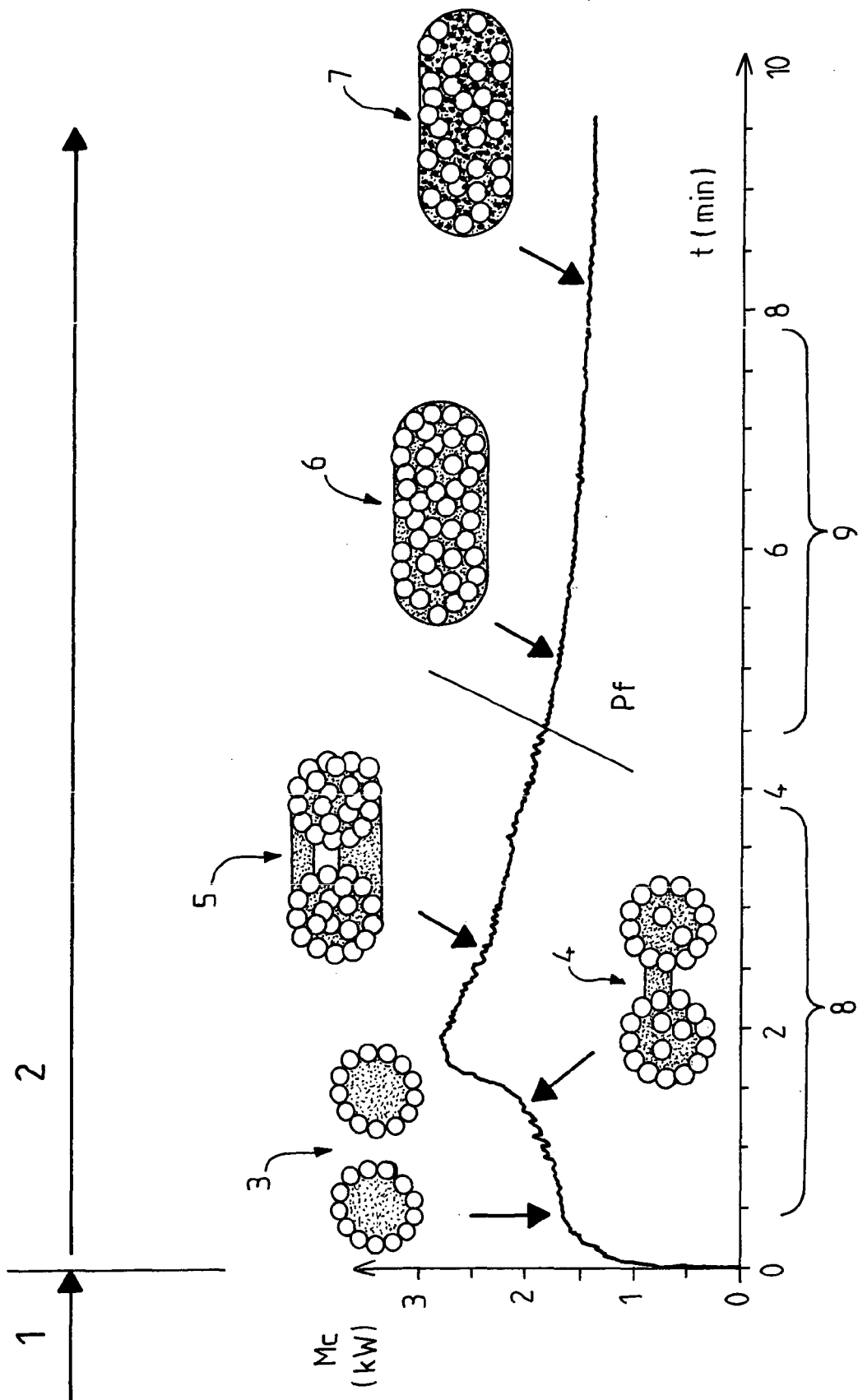


FIG.1

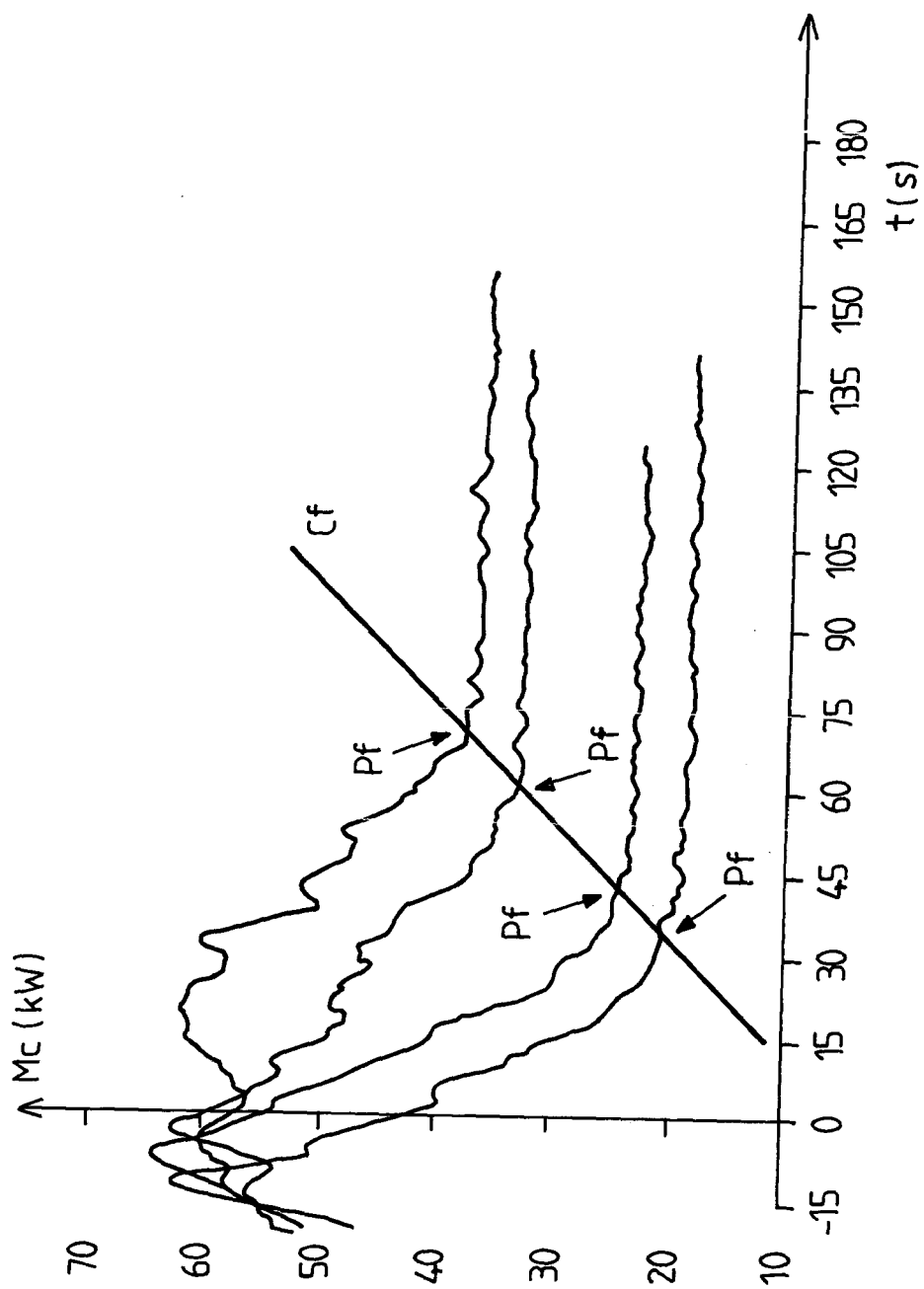


FIG. 2

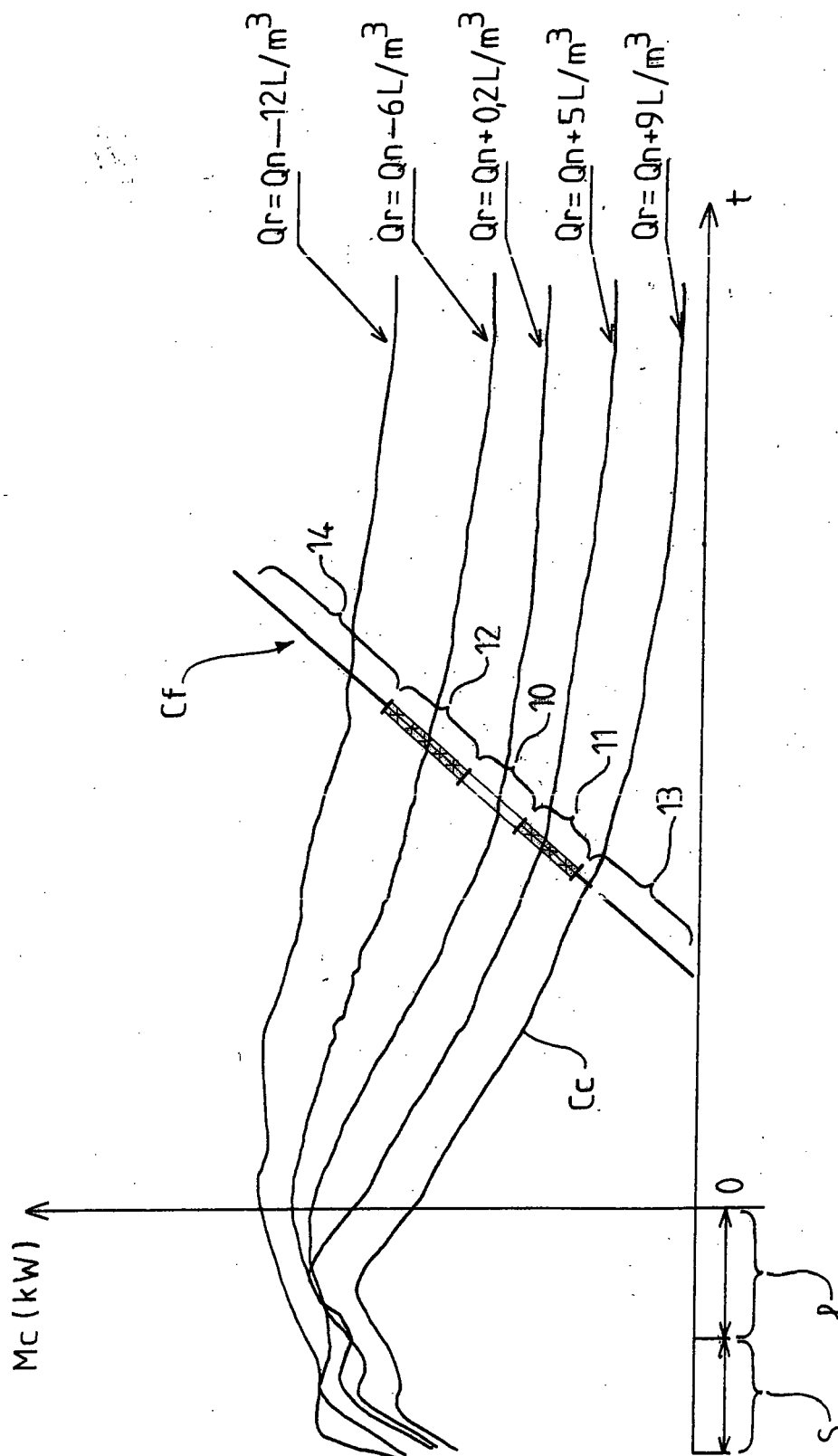


FIG. 3

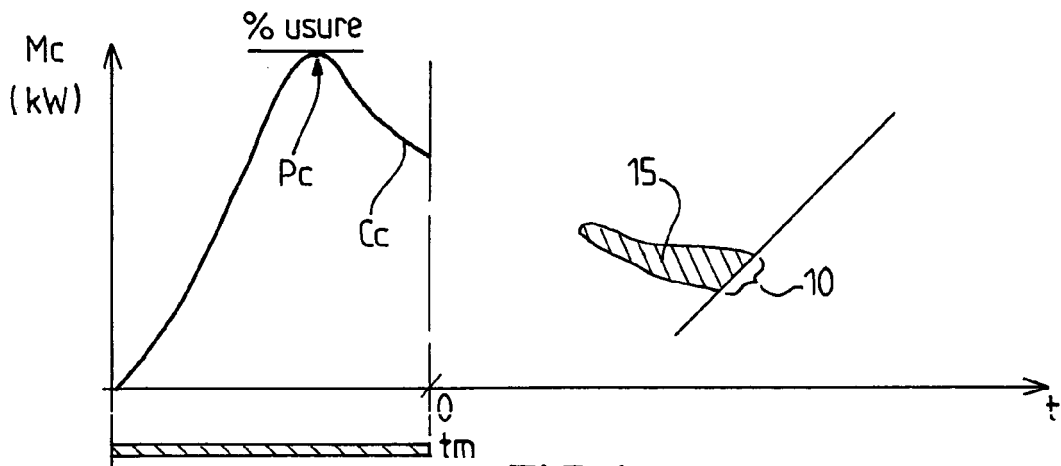


FIG. 4

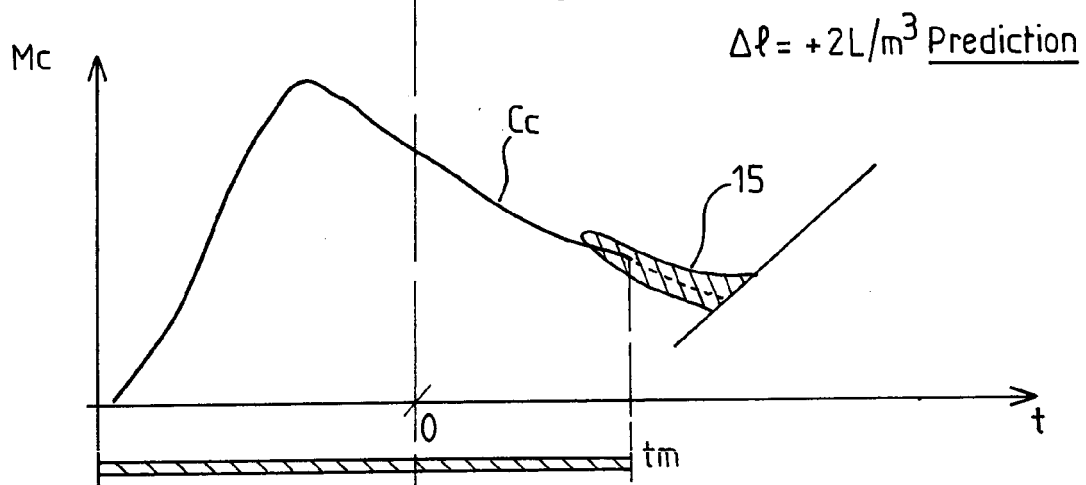


FIG. 5

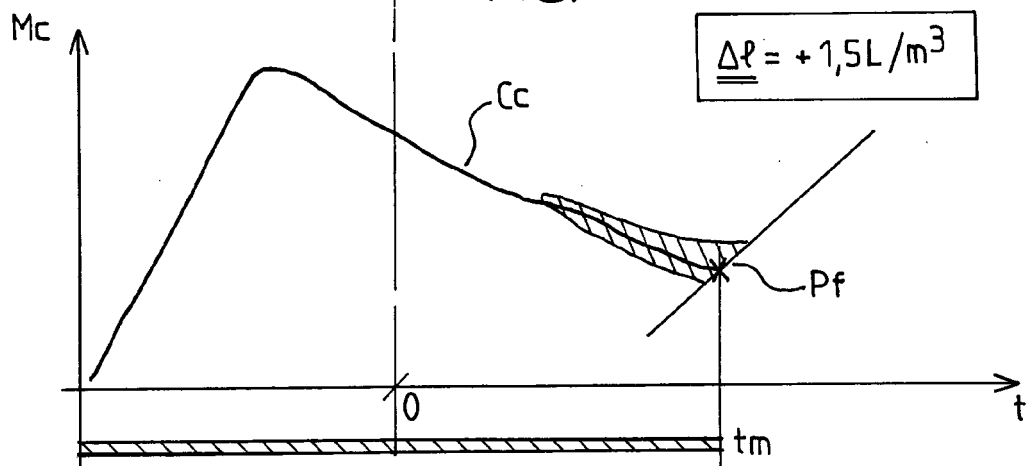
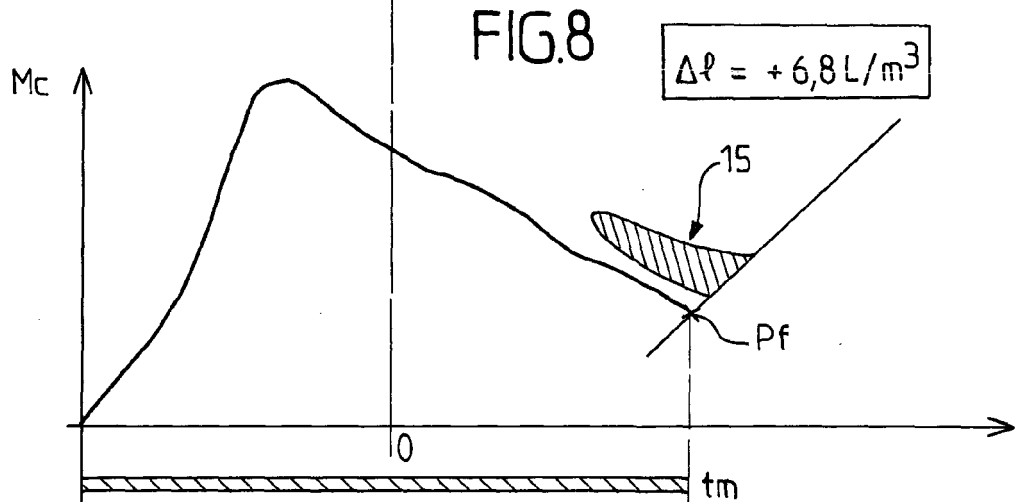
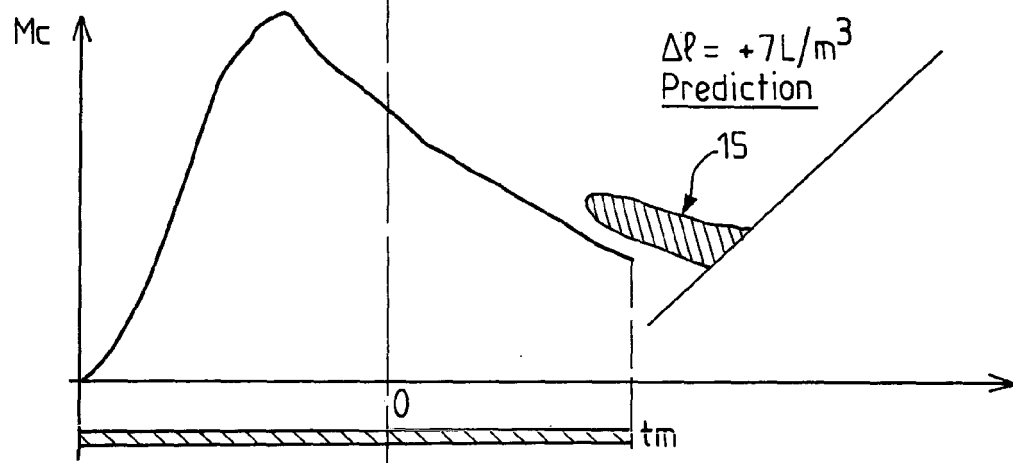
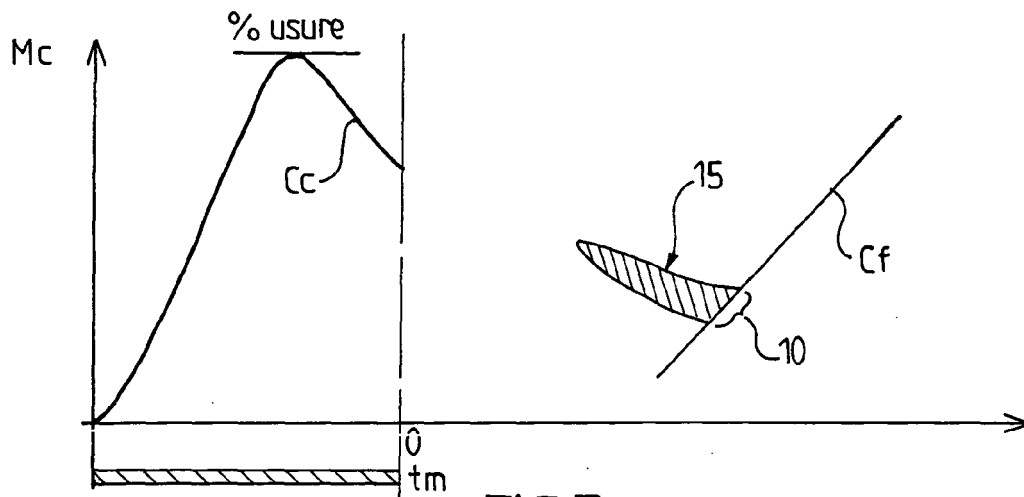


FIG. 6

Actions

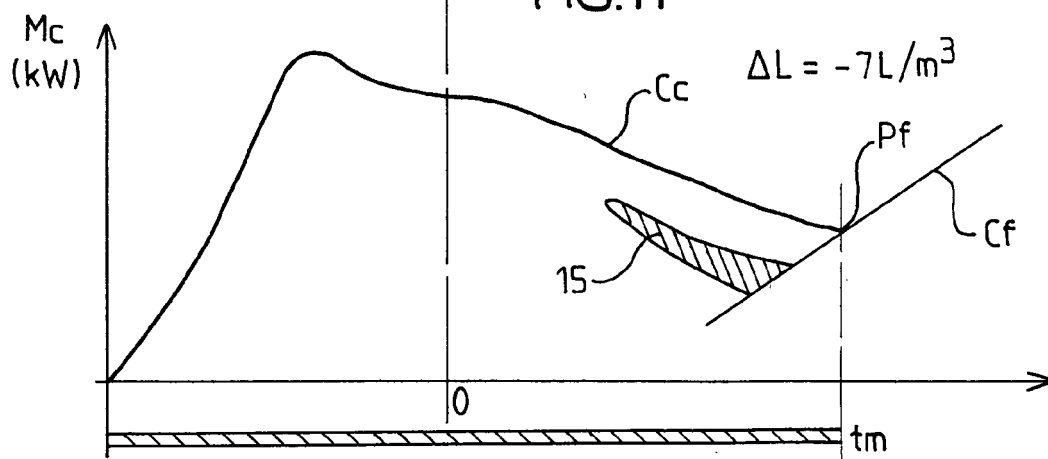
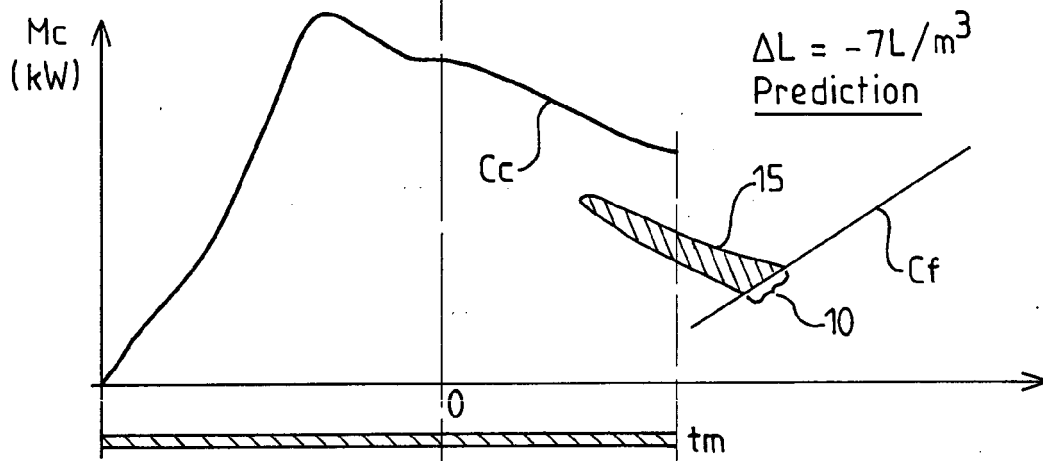
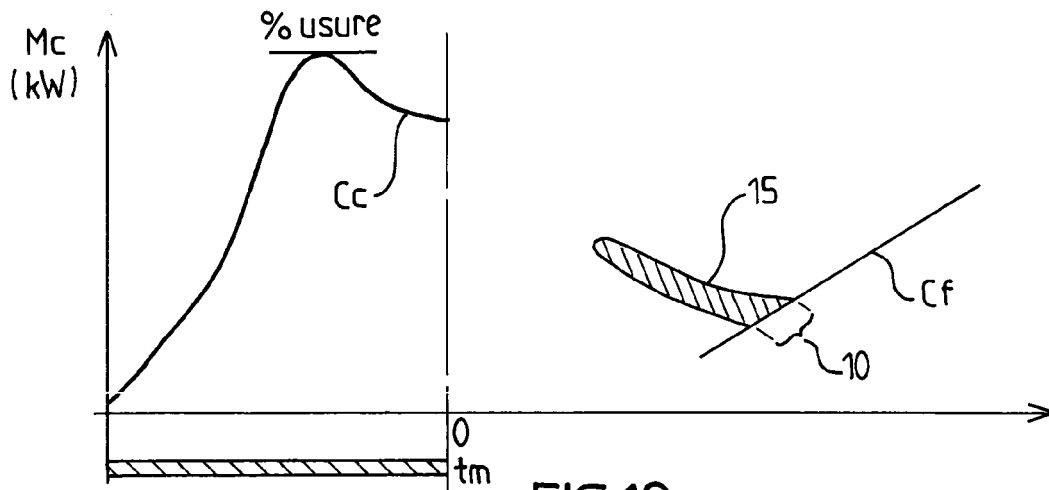
- Stop
- $+ 0L/m^3$



Actions

→ Stop

→ $-4L/m^3$ gachée suivante



Actions

→ +12s

→ + 5L/m³ gachée suivante



RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 09 37 0014

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
X,D	FR 2 444 545 A (ELBA WERK MASCHINEN GMBH & CO [DE]) 18 juillet 1980 (1980-07-18) * pages 7-10; figures *	1-10	INV. B28C7/02 G01N33/38
X	DE 40 39 083 A1 (VALA JAN [DE]; DOSE HARTMUT [DE]) 11 juin 1992 (1992-06-11) * colonnes 1-2; figures *	1,10	
A	DE 23 39 864 A1 (SCHEID GEB FUEGNER GISELA) 20 février 1975 (1975-02-20) * pages 7-8; figures *	1,10	
A	DE 33 04 087 A1 (FLOWCON OY [FI]) 18 août 1983 (1983-08-18) * pages 5-6; figures *	1,10	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
			B28C G01N
2 Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche La Haye		Date d'achèvement de la recherche 19 novembre 2009	Examineur Labre, Arnaud
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 09 37 0014

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.

Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

19-11-2009

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
FR 2444545 A	18-07-1980	DE 2855324 A1	31-07-1980
		GB 2040505 A	28-08-1980
		IT 1164816 B	15-04-1987
		MX 152890 A	27-06-1986
		SE 437629 B	11-03-1985
		SE 7910474 A	22-06-1980
		US 4318177 A	02-03-1982
DE 4039083 A1	11-06-1992	AUCUN	
DE 2339864 A1	20-02-1975	AUCUN	
DE 3304087 A1	18-08-1983	FI 820403 A	10-08-1983
		SE 8300690 A	10-08-1983

EPO FORM P0460

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82

RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.

Documents brevets cités dans la description

- FR 2444545 [0009] [0011] [0012] [0013] [0015]
[0016]